

СТРУКТУРА И ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА

*Гадеев Дмитрий Вадимович, Демаков Сергей Леонидович,
Кириллова Ирина Николаевна*

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н.Ельцина», г. Екатеринбург

d.v.gadeev@urfu.ru

В работе исследована структура и механические свойства крупногабаритного полуфабриката из сплава VST5553, обработанного по схеме BASCA. Показано, что после обработки сплава по режиму BASCA в структуре сохраняются области β -твердого раствора, свободные от продуктов диффузионного распада по которым происходит преимущественное движение трещины при испытаниях, что способствует снижению энергоемкости разрушения. Предложена дополнительная многостадийная термическая обработка, позволившая заметно повысить энергоемкость разрушения и показатели пластичности без катастрофического снижения пределов прочности и текучести при растяжении.

Среди используемых в настоящее время режимов термических обработок сплавов типа VST5553, направленных на повышение вязкостных свойств, можно выделить 2 схемы, разработанных корпорацией BOEING [1]: STA (англ. «Solution Treated, Aged») и более поздняя BASCA (англ. «Beta Annealed, Slow Cooled, Aged»). В схеме обработки BASCA повышение энергоемкости разрушения обеспечивается за счет формирования неоднородной по дисперсности ($\alpha+\beta$)-структуры, характеризующейся различными значениями сопротивления распространению трещины [2].

Детальные исследования сплава VST5553 показали, что в приграничных областях структуры, а также вокруг крупных первичными α -пластин после обработки BASCA сохраняются протяженные области β -твердого раствора, свободные от вторичных выделений α -фазы. Анализ результатов механических испытаний показал, что при удовлетворительных значениях ударной вязкости достигнутый уровень прочности и максимальная деформация при изгибе ($KCU = 0,49$ МДж/м², $\sigma^* = 1549$ МПа; $\epsilon_f = 3,3$ %) являются относительно низкими. Фрактографические исследования поверхностей разрушения выявили, что разрушение материала после режима BASCA при обоих типах нагружения (ударном и замедленном) происходит главным образом по межзеренным границам и частично по межпластинчатым прослойкам, что согласуется с результатами других работ [3], [4] и [5-7]. В целом, степень развитости рельефа поверхностей разрушения высокая, но складывается в основном из протяженных, относительно плоских участков.

Поскольку в обработках STA и BASCA используется одноступенчатое старение, однако существуют рекомендации по применению двухступенчатого старения после высокотемпературной обработки для псевдо- β -сплавов [3], то повышение механических свойств было решено обеспечить путем упрочнения приграничных β -прослоек путем выделения вторичных частиц α -фазы.

В результате была предложена дополнительная обработка в виде повторного нагрева в диапазон температур 750...790 °C с последующим старением при пониженных температурах 550...600 °C, которая привела к практически полной ликвидации приграничных зон, свободных от выделений α -фазы и обеспечила при испытании на замедленное разрушение изгибом повышение показателей пластичности в 1,5 раза, уровня прочности в 1,32 раза, а также ударной вязкости в 1,12 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. B.M. Specification, Titanium 5Al-5V-5Mo-3Cr Die Forgings and Bars, August 2006
2. R.D. Briggs, Tough, high-strength titanium alloys; methods of heat treating titanium alloys, Google Patents, 2012.
3. G. Lütjering, J.C. Williams, Titanium, Springer, 2007.
4. D. Qin, Y. Lu, Q. Liu, L. Zheng, L. Zhou, Materials Science and Engineering A 572 (2013) 19-24
5. T. Duval, P. Villechaise, S. Andrieu, Deformation mechanisms and fatigue crack initiation in β titanium alloys in relation with microstructure, Ti 2011 - Proceedings of the 12th World Conference on Titanium, vol 2, 2012, pp. 896-900
6. J. Huang, Z. Wang, K. Xue, Materials Science and Engineering A 528 (2011) 8723-8732.
7. N. Escalé, P. Audigier, C. Daffos, S. Hollard, P. Héritier, Effect of α laths size distribution on deformation behaviour of Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr, Ti 2011 - Proceedings of the 12th World Conference on Titanium, vol 1, 2012, pp. 698-704.